Funktionelle Gelenkfragen,

an Bänderpräparaten und an der Leiche untersucht

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der

Medizinischen Doktorwürde

an der

Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Berlin

Von

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Edmund Mayer
approb. Arzt aus Berlin

Tag der Promotion: 22. Mai 1919

Emil Ebering, Berlin NW. 7, Mittelstr. 29

215

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. His
Referenten: Prof. Dr. H. Virchow
Prof. Dr. R. Fick

Herrn Geh. Med.-Rat Prof. Dr. H. Virchow

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544328_0202

Wenn die Paläontologen sich ein Bild davon machen wollen, wie die Tiere der Vorwelt standen, liefen, schwammen und flogen, so können sie nur an die Knochenfunde und -Abdrücke anknüpfen: Muskeln, Knorpel und Bänder sind ja zerstört. Aber auch von den rezenten Tieren stehen dem Forscher viel häufiger mazerierte Knochen zur Verfügung, als Glieder oder gar Tiere im ganzen; und auch vom menschlichen Stütz- und Bewegungssystem finden sich naturgemäß in den Sammlungen ungleich mehr mazerierte Knochen als Bänder und Muskelpräparate.

So mag es gekommen sein, daß die Aufmerksamkeit der Anatomen in funktionellen Fragen vielfach einseitig auf die isolierten Knochen gerichtet war. Man sprach von „den drei knöchernen Stützpunkten des Fußes" und übersah das Sohlenpolster; man erörterte Gelenkfragen an mazerierten Knochen und vernachlässigte die Bänderwirkung: lediglich die Gelenkflächen sollten darüber entscheiden, welche Bewegungen ein Gelenk ausführen kann und welche nicht.

Die Gewohnheit, sich mit dieser Betrachtung zu begnügen, war so fest gewurzelt, daß man nicht nur auf Versuche an Bänderpräparaten verzichtete, sondern auch die Bewegungen lebender Tiere und Menschen zu beobachten unterließ.

H. Virchow nennt als lehrreiches Beispiel dieser Art Henkes und Gegenbauers Aeußerungen über die Gelenke der Schlangenwirbelsäule. Beide sprachen der Schlangenwirbelsäule jede Beweglichkeit in sagittaler Richtung ab. Und doch genügt die Beobachtung einer lebenden Ringel-

natter, die sich aufrichtet, und ein Versuch am Bänderpräparat, wie ihn H. Virchow machte, um die ausgiebige Sagittalbiegung zu sehen. Ich führe diesen Fall an, weil hier die wirkliche Bewegungsmöglichkeit unmittelbar zu beobachten ist und doch übersehen wurde — infolge der Ueberschätzung der isolierten Knochen als Erkenntnisquelle.*

Um Einblick in die Funktion von Gelenken zu gewinnen, sind also verschiedene Wege nötig, die R. Fick folgendermaßen zusammenstellt:

I. Folgerungen aus der Form der Gelenkflächen.
II. Studium schematisierter Gelenkmodelle.
III. Beobachtung der wirklichen Bewegungen;

a) an der Leiche;
b) am Bänderpräparat;
c) am Lebenden.

Im Folgenden sollen einige Beispiele — außer der erwähnten Schlangenwirbelsäule — dafür beigebracht werden, wie die Folgerungen, die man aus der Form der Gelenkflächen zu ziehen geneigt ist, durch Versuche am Präparat mit unversehrten Bändern und an der Leiche entweder bestätigt oder aber widerlegt werden können. Im besonderen soll gezeigt werden, wie auch dort, wo die Entscheidung nicht durch den bloßen Augenschein eines Versuches gefällt werden kann, mit Hilfe der Gipsformmethode eine Erklärung erzielbar ist.

Zunächst einen Fall schöner Uebereinstimmung zwischen den aus der Gelenkflächenstellung erwarteten Bewegungen mit den wirklichen: wir finden ihn an den mensch-

---

* Andererseits hat sich eine Längsrotation, die in der Schlangenwirbelsäule nach der Stellung der Gelenkfortsätze ebenfalls nicht zu erwarten war, auch im Bänderversuch als unbedingt ausgeschlossen erwiesen.

lichen Brust- und Lendenwirbelgelenken. Die Gelenkflächen der Brustwirbel stehen auf der Peripherie von Kreisen, deren Mittelpunkt in den Wirbelkörpern liegt (Kreisbogentypus H. Virchow), die der Lendenwirbel stehen auf den Radien der gleichen Kreise (Radiustypus). Demnach war im Bereich der Brustwirbel Rotation als möglich anzunehmen, im Bereich der Lendenwirbel dagegen auszuschließen.

Hier gestattet uns die Beobachtung des Lebenden keinen Einblick in die wirklich vorkommenden Bewegungen, so daß lediglich der Versuch am toten Material den Ausschlag gibt.

Nun hatte Hughes beim Drehen einer mit den Bändern versehenen Wirbelsäule gefunden, daß im Gebiete der Brustwirbel beträchtliche Drehungsbeträge auftreten, im Gebiete der Lendenwirbel dagegen kaum nennenswerte. Diesen Befund konnte ich bestätigen, als ich auf Veranlassung von H. Virchow die Einzelbeträge der Drehung an Wirbelsäulen mit der Gipsformmethode untersuchte: die Drehung der Lendenwirbel war im Vergleich zur Drehung der Brustwirbel gleich Null.

Bei den Säugetieren finden sich gleichfalls Wirbelsäulenabschnitte von Radiustypus und vom Kreisbogentypus. Beim Bären hat H. Virchow genaue Uebereinstimmung zwischen der Drehungsmöglichkeit des Bänderpräparates einerseits und der Stellung der Gelenkflächen andererseits nachgewiesen. Bei einer Känguruh-Wirbelsäule fand ich die gleichen Beziehungen: das Bänderpräparat war in allen Gelenken vom Gelenk 1. Thor./2. Thor. bis zum Gelenk 10. Thor./11. Thor. einschließlich deutlich drehbar. Die Mazeration ergab, daß in diesem Bereich die Gelenkflächen Kreisbogentypus hatten. Vom Gelenk 11. Thor/12. Thor. bis zum Gelenk 6. Lumb./1. Sacr. fehlte im Bänderpräparat die Drehungsmöglichkeit völlig — die mazerierten Wirbel zeigten radiär gestellte Gelenkflächen.

Beim Känguruh liegt also die Aenderung in Bau und

Funktion nicht wie beim Menschen an der Grenze von Brust- und Lendenwirbelsäule, sondern innerhalb der rippentragenden Brustwirbel: der 11. von ihnen ist der „Wechselwirbel".

Im Gegensatz zu diesen Befunden an Bänderpräparaten, die so gut zu dem Verhalten der Gelenkfortsätze passen, stehen zwei Fälle, in denen die wirklichen Bewegungen anders ausfallen, als man nach der Form der Knochen erwartet hatte. Der eine liegt beim Atlas-Epistropheus-Gelenk vor, der andere beim Talocruralgelenk.

Man hatte früher angenommen, daß zwischen oberem Kopfgelenk (Atlantooccipitalgelenk) und unterem Kopfgelenk (Atlas-Epistropheus-Gelenk) eine ausgesprochene Arbeitsteilung vorliege: die Nickbewegung um eine horizontale Achse sollte nur im oberen Kopfgelenk möglich sein; dagegen sollte auf das untere die Drehbewegung um eine senkrechte Achse entfallen.

H. Virchow zeigte aber, daß beim Menschen und verschiedenen Säugern (am stärksten beim Känguruh) eine sehr beträchtliche Nickbewegung im Atlas-Epistropheus-Gelenk möglich ist. In Virchows Laboratorium fand ich z. B. mit der Gipsformmethode an zwei menschlichen Kopfgelenken folgende Beträge der um horizontale Achsen möglichen Bewegungen:

	Fall a	Fall b
Atlas gegen Hinterhaupt	31°	36°
Epistropheus gegen Atlas	19,5°	11°
Gesamtnickbewegung	50,5°	47°

Es entfallen also einmal 23 %, das andere Mal sogar 38 % der Gesamtnickbewegung auf das Atlas-Epistropheus-Gelenk, dem man diese Möglichkeit gar nicht angesehen hatte.

H. Virchow und Hultkrantz bestätigten durch Röntgenaufnahme auch am Lebenden diese unerwartete Bewegung im untern Kopfgelenk.

Eine auf der Knochenform fußende Meinung bestand auch bezüglich der Funktion des menschlichen Sprunggelenkes (Artic. talocruralis). Daraus, daß die Talusrolle vorn breiter als hinten ist, wurde von vielen Anatomen folgendermaßen geschlossen: Steht der Fuß etwa rechtwinklig zum Unterschenkel, so daß der breite Teil der Talusrolle in der Tibia-Fibula-Gabel steht, so hat die Rolle nach den Seiten hin keinen Spielraum; an Adduktionsbewegungen* des Fußes kann sich also das Sprungbein jetzt nicht beteiligen. Bei Plantarflexion des Fußes dagegen steht der schmale Teil der Talusrolle in der Gabel. Nun ist Spielraum vorhanden, und das Sprungbein macht die Adduktion des Fußes mit. So heißt es z. B. im Lehrbuch von Rauber-Kopsch (II. Teil S. 304/307 d. 8. Aufl.):

„Das obere Sprunggelenk stellt ein Scharniergelenk dar, in welchem die zu einer Klammer vereinigten distalen Enden der Unterschenkelknochen die obere Gelenkfläche des Talus so umfassen, daß bei straffen Bändern und Dorsalflexion des Fußes eine seitliche Bewegung nicht möglich ist. Dagegen sind um so größere Wackelbewegungen möglich, je mehr der Fuß plantarwärts flektiert wird, weil alsdann der hintere schmalere Teil der Talusrolle lockerer in der Unterschenkelgabel steckt."

Dies waren Folgerungen aus der Betrachtung der Knochen. Versuche an Fußpräparaten mit erhaltenen Bändern schienen jedoch daraufhin zu deuten, daß in keiner Stellung des Fußes eine nennenswerte Mitadduktion des Talus stattfindet. So sagt R. Fick: „Die Talusrolle in der Gabel gestattet in Plantarbeugung geringe adduktorische Wackelbewegungen." Die Begründung mit der Talusrollen-

---

* Die Adduktion des Fußes wird vielfach auch als Supination bezeichnet. Beide Ausdrücke bezeichnen die Heranführung der großen Zehe an die Medianebene unter Hebung des medialen Fußrandes.

form wird von Fick nicht erwähnt. Unter Wackelbewegungen versteht Fick Bewegungen von so kleinem Betrage und so unsicherem gelenkmechanischem Typus, daß wir sie nicht zu den „Funktionen" des Gelenkes rechnen.

Um diesen Gegensatz zwischen der hergebrachten Auslegung der Talusrollenform und dem Bänderpräparat zur Entscheidung zu bringen, untersuchte ich mittelst der Gipsformmethode die Adduktionsstellung des Fußes einmal bei möglichster Ausschaltung jeglicher Plantarflexion (Fall I), ein anderes Mal bei kräftiger Plantarflexion (Fall II). Aus dem Vergleich beider Untersuchungsergebnisse mußte sich das wirkliche Verhalten des Talus zeigen.

Gang der Untersuchung:

Von zwei frischen, etwa 35jährigen weiblichen Leichen wurden die unteren Extremitäten genommen.* Jedesmal das linke Bein wurde auf einem Brette festgebunden und der Fuß an einem auf das Brett genagelten Klotz so befestigt, daß er rechtwinklig zum Unterschenkel stand, wie in Figur 1 zu sehen ist.

Im Fall I wurde der rechte Fuß des einen Beinpaares, nachdem das Bein am Brett unverrückbar befestigt war, an einen hochkantstehenden, beweglichen Klotz gebunden. Der rechteckige Klotz, dessen Bodenfläche das Brett nicht verließ, wurde so gedreht, wie es die Pfeile der Figur 1 zeigen, bis äußerste Adduktion des Fußes erreicht war. In dieser Stellung wurde der Klotz festgenagelt.

Im Fall II wurde der rechte Fuß des anderen Beinpaares an einen entsprechend abgeschrägten Klotz (Fig. 2) gebunden, und dieser den Pfeilen der Figur 2 entsprechend

---

* Es wurden Gliedmaßen ausgewählt, die wenigstens äußerlich keine Muskelatrophie oder sonstige krankhafte Veränderungen aufwiesen.

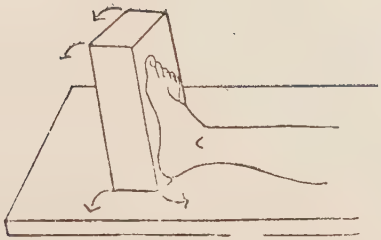


Fig. 1.

Die Pfeile zeigen, wie der Klotz und Fuß gedreht wurden, um Adduktion unter möglichster Ausschaltung von Plantarflexion zu erreichen.

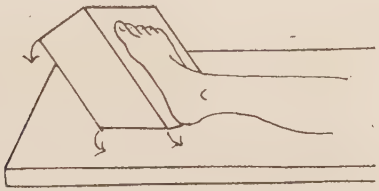


Fig. 2.

Die Pfeile zeigen, wie der bereits plantarflektierte Fuß in Adduktionsstellung gebracht wird.

medianwärts gedreht, ohne daß seine Bodenfläche die Berührung mit dem Brett aufgab. In äußerster Adduktionsstellung, die aber diesmal mit Plantarflexion verbunden war, wurden Fuß und Klotz befestigt.

Hierauf folgte in beiden Fällen Injektion einer Alkohol-Formolmischung in die Aa. femorales der bewegten und der Vergleichsfüße.

Nach ausreichender Härtung wurden die Oberschenkel entfernt, die Unterschenkel samt den Füßen halbseitig in Gips gebettet, und ihre freigebliebene Seite skelettiert. Lageveränderungen irgendwelcher Knochen gegeneinander sind bei dieser Methode ausgeschlossen. Von der skelettierten Seite der in situ befindlichen Knochen wurden Gipsabgüsse genommen, dann die Knochen der Mazeration überliefert.

Die mazerierten Knochen wurden nach den Gipsformen zusammengesetzt, und zwar mit auswechselbaren Metallstiften; so konnte man Knochengruppen beliebiger Kombination zusammenstellen, die jedesmal die wirkliche Stellung der Knochen wiederholten, wie sie in den mit allen Weichteilen versehenen Füßen gewesen war.

Betrachtung der nach Form in die Tibia-Fibula-Gabeln eingesetzten Sprungbeine:

Da uns bei der Beurteilung von Lageveränderungen zweier Knochen gegeneinander das bloße Augenmaß Täuschungen aussetzt, wurden Messungen ausgeführt. Erstens wurde die Lageveränderung bestimmter Taluspunkte gegen bestimmte Tibia- oder Fibulapunkte gemessen; aus dem Vergleich der Maße am „ruhenden“ Fuß mit denen am adduzierten Fuß geht die Lageveränderung bei der Adduktion hervor.

Beispiel: (die Zahlen in mm)

	Fall I		Fall II	
Abstand des vordersten Punktes der horizontalen Gelenkfläche der Tibia vom dorsalsten Punkte des Taluskopfes:	ruhend 25,5	adduziert 29	ruhend 29	adduziert 35
Ergebnis:	Der Taluspunkt ist um 3,5 mm nach vorn und unten gerückt		Der Taluspunkt ist um 6 mm nach vorn und unten gerückt	

Zweitens dienten als Kontrolle des allgemeinen Anschauungseindrucks die Breiten der freiliegenden Gelenkflächen, drittens die Weiten der (knorpellosen) Gelenkspalte. Denn auch diese Werte ändern sich ja bei der Lageveränderung der beteiligten Knochen.

Für die Messungen waren nur Tibia, Fibula und Talus zusammengesetzt worden. Da die Abbildung der drei so vereinigten Knochen sehr wenig anschaulich ist, sind statt dessen die Bilder der vollständigen — nach Form zusammengesetzten — Fußskelette beigefügt, Figur 3 und 4.

Die Ergebnisse der Besichtigung und Messung folgen nun.

Fall I.

(Sprungbein in der Gabel bei Adduktion unter möglichster Vermeidung von Plantarflexion.)

Der Sprungbeinkopf ist etwas nach vorn und unten gerückt. Es hat sich mithin eine Adduktion unter gänzlicher Vermeidung von Plantarflexion nicht erzielen lassen. Dies Ergebnis stimmt mit der bisher geltenden Meinung überein, daß jede Adduktion des Fußes mit Plantarflexion verbunden ist.

Bezüglich der Bewegungen um eine senkrechte Achse, die uns hier besonders angehen, sehen wir an dem vor

Fig. 3.

Die adduzierten Füße und die Vergleichsfüße, von vorn.

I. Adduktion unter möglichster Vermeidung von Plantarflexion.

II. Adduktion mit kräftiger Plantarflexion.

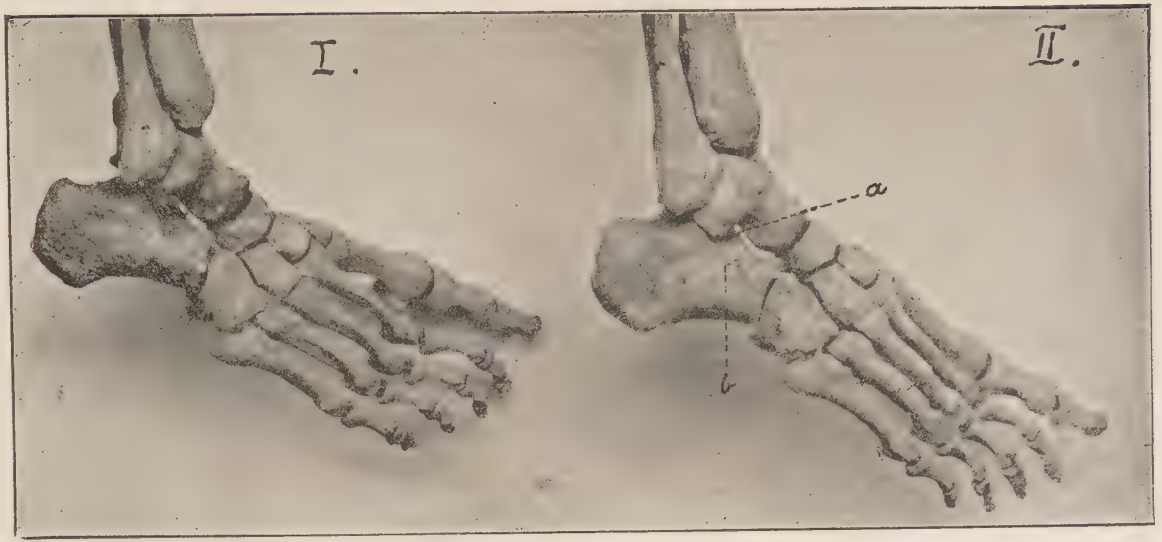


Fig. 4.

Die adduzierten Füße, von der lateralen Seite gesehen.

Punkt a plantarster Zapfen des Proc. lat. tali.

Punkt b Einschnitt am oberen lat. Rand des Calcaneus, vgl. den Text.

der Gabel liegenden Teil des Talus keine meßbare Abweichung nach irgend einer Seite. Der hinter der Gabel liegende Teil ist (maximal) um 1,5 mm lateralwärts gerückt.

Man würde von einer „Adduktion des Sprungbeins" sprechen können, wenn der Betrag nicht gar so klein wäre. So liegt nur das vor, was Fick eine Wackelbewegung nennt. Eine wirkliche etwaige Adduktionsbewegung wird uns ja der Fall II deutlicher zeigen müssen, wenn die alte Auffassung zutrifft.

Fall II.

(Sprungbein in der Gabel bei Adduktion unter voller Plantarflexion.)

Der Sprungbeinkopf ist bedeutend stärker als im Fall I nach vorn und unten gerückt, hinten ist die Gelenkfläche der Sprungbeinrolle ganz in der Gabel verschwunden: das Bild der äußersten Plantarflexion.

Was nun Bewegungen um eine senkrechte Achse betrifft, so zeigen weder vor noch hinter der Gabel gelegene Sprungbeinpunkte die geringste Abweichung nach medial oder lateral. Nicht einmal eine Wackelbewegung hat stattgefunden.

Obgleich also infolge von äußerster Plantarflexion der schmalste Teil der Talusrolle in der Gabel stand, hat sich das Sprungbein an der Adduktion des Fußes nicht beteiligt.

Sogar die im Fall I gesehene geringe adduktorische Wackelbewegung fehlte im Fall II — paradoxer Weise, würde man vom alten Standpunkte aus sagen.

Die Meinung, daß die Verschmälerung der Talusrolle nach hinten in funktioneller Beziehung zur Adduktionsbewegung des Fußes steht, ist also endgültig widerlegt.

Waldeyer bekräftigte die Lehre von der Adduktion des

Talus in Plantarflexion seinen Schülern gegenüber stets dadurch, daß er auf eine Beobachtung am eigenen Körper hinwies: es koste doch viel weniger Anstrengung, Adduktion mit Plantarflexion auszuführen, als den Fuß zu adduzieren und Plantarflexion dabei zu vermeiden; hieran sei die größere Beweglichkeit des schmalen und die geringere des breiten Talusrollenteils schuld.

Nachdem nachgewiesen ist, daß die Breite der Talusrolle keine Bedeutung für die Adduktion hat, erhebt sich die Frage, worauf jene — zweifellos vorhandene — Verschiedenheit der Anstrengung zurückzuführen ist. Folgendes scheint mir die Erklärung zu sein. Zwei Muskeln können die Hebung des medialen Fußrandes, also die Adduktion-Supination bewirken: der M. tibialis anterior und der M. tibialis posterior. Adduziere ich den Fuß mit Plantarflexion, so findet keine Kontraktion des M. tib. ant. statt, wie sich leicht abtasten läßt. Adduziere ich den Fuß und suche Plantarflektion dabei auszuschalten, so zieht sich der M. tib. ant. kräftig zusammen — und ich habe das Gefühl der Anstrengung.

Da 1. verschiedenen Muskeln die Adduktion mit oder ohne Plantarflexion obliegt, 2. der Wirkungsgrad des M. tib. posterior infolge der Verlaufsrichtung seiner Hauptsehne offenbar günstiger ist als der des M. tib. anterior, und 3. die im Leben weitaus häufigere Bewegung Adduktion mit Plantarflexion ist, so beruht die Verschiedenheit der Anstrengung wohl auf Eigentümlichkeiten der Muskelanordnung und -gewohnheit.

Ueberblicken wir die Untersuchungen am unteren Kopfgelenk, an der Wirbelsäule und am Talocruralgelenk, so sind dies die Ergebnisse: Die Folgerungen, welche H. Virchow aus der verschiedenartigen Stellung der Wirbelgelenkfortsätze zog, haben sich in Bänderpräparatversuchen am Menschen und an verschiedenen

Säugern immer wieder bestätigt: Drehung bei Kreisbogenstellung, keine Drehung bei Radiusstellung der Gelenkflächen.

Unerwartet dagegen war die Beteiligung des Atlas-Epistropheus-Gelenkes an Nickbewegungen; denn diese hielt man allein im Atlas-Hinterhauptsgelenk für möglich.

Und im Gegensatz zu der weitverbreiteten Lehre von der Mitadduktion des menschlichen Sprungbeins bei Plantarflexion stellte sich heraus, daß der Talus von der Adduktion stets unberührt bleibt.

Untersuchungen an Präparaten mit unzerstörten Bändern und Knorpeln sind also unerläßlich, ehe wir über die wirklichen Bewegungen eines Gelenkes etwas aussagen dürfen. Sonst kann uns die Neigung, menschliche Zweckmäßigkeitsbegriffe auf die Natur zu übertragen, auch auf dem Gebiete der Gelenkmechanik irreführen.

Womit gegen diese Neigung nichts gesagt sein soll. Beruht doch der Reiz der Gelenklehre nicht auf der rein morphologischen Beschreibung, sondern auf den funktionellen Ausdeutungen und auf den Analogieen, die sich — unter einer gewissen Schematisierung — zu den von Menschen erdachten Mechanismen finden lassen.

Ohne Schematisierung aber ist keine Begriffsbildung, also auch keine Forschung denkbar.

R. Fick sagt bezüglich dieser Schematisierungen, „daß die wirklichen Gelenkformen niemals genau geometrisch definierbare Flächen darstellen. Trotzdem ist es für das Verständnis der in den wirklichen Gelenken erfolgenden Bewegungen unerläßlich, die Bewegungsmöglichkeit in solchen „geometrischen Idealgelenken“ zu untersuchen“.

In der Tat haben wir das Gefühl der Befriedigung und des Verständnisses, wenn sich die Gelenkflächen zu einigermaßen einfachen stereometrischen Gebilden ergänzen lassen und wenn die — etwa durch Eisenfeilspäne — im Gelenkknorpel hinterlassenen Ganglinien mathematisch faß-

bar sind. Aber deshalb nun zu erwarten, daß die von der Natur geschaffenen Gelenkflächen sich immer restlos in Gebilde auflösen lassen müssen, die in unseren Maschinen vorkommen — das wäre eine Verkennung des Möglichen.

Deshalb unterschieden wir mit Fick am Eingang dieser Arbeit die Untersuchung der wirklichen Bewegungen von den Folgerungen aus der Form der Gelenkflächen und dem Studium schematisierter Modelle.

Eine eigenartige Verbindung dieser verschiedenen Untersuchungsarten und Betrachtungsweisen findet man in der Arbeit von Dönitz „Ueber die Mechanik der Fußwurzel"; in ihr wurde versucht die Henkesche „Gleittheorie" durch eine Achsentheorie zu ersetzen. Wer einen Dönitzschen Achsenfuß, wie er sich in der Berliner Anatomie befindet, zur Hand nimmt, ist überrascht, wie sich die so eigensinnig gestalteten Fußwurzelknochen durch Adduktion des Fußes ganz harmonisch um drei Achsen drehen. Diese Achsen hatte Dönitz durch Kombination folgender Methoden gefunden: erstens wurden die Gelenkflächen zu Rotationskörpern ergänzt, zweitens mit Eisenfeilspänen Ganglinien im Knorpel erzeugt, drittens am Bänderpräparat beobachtet, an welchen Punkten eingesteckte Stifte sich nur noch um ihre eigene Achse bewegten, viertens mit dem Gefrierskelettverfahren nach Form aufgestellte Füße analysiert. Die aus der Dönitzschen Arbeit entnommene Figur 5 zeigt den Fuß mit seinen Achsen.

Das Bestehen dieser Achsen, durch die das Fußwurzelproblem sich geradezu erstaunlich einfach lösen würde, ist aber bestritten worden, besonders von R. Fick.

Gelegentlich der oben dargestellten Untersuchungen über das Talocruralgelenk — Bewegungen des Fußes — war zugleich die Möglichkeit gegeben, an denselben Füßen auch die Lageveränderungen der Fußwurzelknochen gegeneinander — Bewegungen im Fuße — festzustellen.

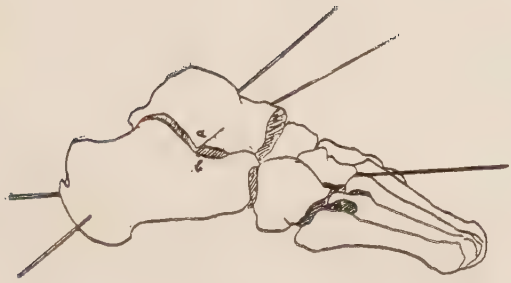


Fig. 5.

Die Dönitzschen Achsen. Die steilste der drei Achsen ist die für das Talus-Calcaneus-Gelenk, die flachste die für das Calcaneus-Cuboid-gelenk und die mittlere die für das Talonaviculargelenk (nach A. Dönitz, „Die Mechanik der Fußwurzel", Inaug. Diss. 1903).

Wieder wollen wir die Adduktion unter möglichster Vermeidung von Plantarflexion als Fall I bezeichnen, die Adduktion aus voller Plantarflexion als Fall II. Mit Hilfe der vorhandenen Gipsformen wurden also immer zwei Knochen durch Stifte miteinander verbunden, Fixpunktabstände, freie Gelenkflächen und Weiten der Gelenkspalte gemessen.

Um die Lageveränderungen, soweit dies möglich ist, zu veranschaulichen, sind einige Abbildungen beigegeben. Ueber die Figuren Nr. 6, 7, 8 sei bemerkt, daß es sich um grob schematische Skizzen handelt; die in Wahrheit dreidimensionalen Bewegungen sind auf die Ebene des Papiers projiziert. Das Fersenbein ist von oben gesehen, das Kahn- und Würfelbein von vorn. Die ausgezogene Umrißlinie entspricht der Ausgangsstellung, die punktierte Linie der durch Adduktion bewirkten neuen Stellung.

Ein getreues Bild der Wirklichkeit dagegen zeigen die Photographien Fig. 9, 10 und 11 der nach Form zusammengesetzten vier Knochen des Falles I; hierzu treten die Photographien der ganz zusammengesetzten Füße, Fig. 3 und 4.

Die durch Messung usw. festgestellten Bewegungen folgen nun.

A) Lageänderung des Calcaneus gegen den Talus.

Fall I. Die hinteren lateralen Punkte des Fersenbeins sind nach vorn und lateral gerückt; die vorderen medialen Punkte sind nach hinten und medial gewandert. Nur diese Adduktion um eine senkrechte Teilachse ist in Figur 6 wiedergegeben. Außerdem hat eine supinatorische Kantung des Fersenbeins um eine horizontale Teilachse stattgefunden, die auf Fig. 9 und 10 sichtbar ist.

Fall II. Das Fersenbein ist im ganzen nach vorn gerückt, hat sich somit an der Plantarflexion etwas beteiligt. Die Adduktion um eine senkrechte Teilachse ist deutlich

(Fig. 6), aber nicht so stark wie im Fall I. Die supinatorische Kantung ist etwa ebenso groß wie im Fall I.

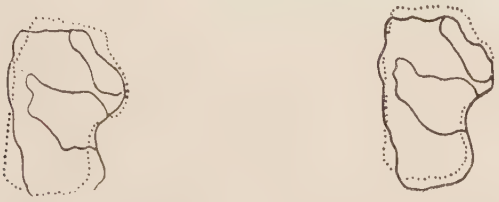
Vergleich mit dem Dönitzschen Achsenpräparat.

Die Adduktion um eine senkrechte und die Supination um eine horizontale Achse, die Fall I und Fall II aufweisen, passen an sich gut zu der von Dönitz angegebenen Achse, die etwa in einem Winkel von 45° zur Horizontalebene verläuft: denn die Drehung um diese Achse vereinigt adduktorische Bewegung mit supinatorischer Kantung.

Ferner gibt Dönitz an, daß zwischen den hinteren Rändern der Facies artic. post. tali und der Facies artic. post. calcan. bei Adduktion ein Klaffen eintritt. Auf diesem Befunde hatte Dönitz die Auffassung begründet, daß nur ein Teil der Fersenbeinrolle dynamischen Zwecken diene, ein anderer Teil — nämlich der bei Bewegung klaffende, ausgeschaltete — jedoch nur statische Bedeutung habe.

Richtig ist, daß dies Klaffen notwendig eintreten muß, sobald sich das Fersenbein gegen das Sprungbein um die Dönitzsche Achse dreht. Ist nun dieses Klaffen auch an den Gipsformfüßen festzustellen? Sowohl im Fall I als im Fall II bestätigt sich der Dönitzsche Befund. Während in der Ausgangsstellung der knorpellose Gelenkspalt zwischen Fac. art. post. tali und Fac. art. post. calc. so eng ist, daß er durch die beiden Knorpelüberzüge sicher ganz ausgefüllt wurde, ist der gleiche Spalt bei Adduktionsstellung so weit, daß die Berührung der Gelenkknorpelflächen aufgehoben sein mußte. Während ferner in der Ausgangsstellung der hintere Rand der Fac. art. post. calc. dem hinteren Rande der Fac. art. post. tali in allen Krümmungen folgt und parallel läuft, ist in Adduktionsstellung eine völlige Inkongruenz dieser Ränder eingetreten, besonders auffallend im Fall II. Es scheint also durchaus berechtigt, wenn Dönitz dem hinteren Teil des Talus-Calcaneus-Gelenkes, der bei der

Skizzen zu den Lageveränderungen der Fußwurzelknochen, die durch vergleichende Messungen der Abstände in Adduktions- und in Ausgangsstellung ermittelt wurden.
(die Ausgangsstellung ausgezogen, die Adduktionsstellung punktiert)



I II

Fig. 6.
Die Lageänderung des Calcaneus bei der Adduktion, von oben.
I. Möglichste Vermeidung v. Plantarflexion.
II. Kräftige Plantarflexion.

Fig. 7.
Die Lageänderung des Naviculare bei der Adduktion, von vorn.

Fig. 8.
Die Lageänderung des Cuboids bei der Adduktion, von vorn.

Talus, Calcaneus, Naviculare und Cuboid nach Form zusammengesetzt.
(Fall I).

Ausgangsstellung. Fig. 9. Adduktionsstellung.
(Die 4 Knochen von oben gesehen.)

Ausgangsstellung. Fig. 10. Adduktionsstellung.
(Die 4 Knochen von vorn gesehen.)

Ausgangsstellung. Adduktionsstellung.

Fig. 11.

(Die 4 Knochen von medial gesehen.)

(Bezüglich der Punkte t und n siehe den Text.)

Adduktion ausgeschaltet wird, eine ausschließlich statische Bedeutung zuschreibt.

Was jedoch die Achse selbst betrifft, so kann sie trotz dieser Befunde, die mit ihr im Einklang stehen, nicht Anspruch auf völlige Genauigkeit, d. h. Unverschieblichkeit machen. Denn erstens ist das Fersenbein, wie Fall II zeigt, bei Adduktion mit Plantarflexion als Ganzes nach vorn gerückt; und zweitens zeigt der Achsenfuß gewisse Ungenauigkeiten der Ausgangslage. Betrachtet man nämlich die Lagebeziehung des plantaren Zapfens des Proc. lat. tali (Fig. 4 und 5, Punkt a) zu der Einsenkung am oberen lateralen Rand des Calcaneus (Fig. 4 und 5, Punkt b), so steht der Punkt a des Achsenfußes (Fig. 5) bei Ruhelage ganz tief in der Einsenkung b; die von mir nach Form aufgestellten Füße wahren dagegen bei Ruhelage noch immer 13 mm Abstand zwischen a und b. Und ebenso ist an einem belasteten und einem unbelasteten Fuß, von H. Virchow mit dem Gefrierskelettverfahren nach Form aufgestellt, der Abstand zwischen a und b 10—12 mm groß.

B. Lageänderung des Naviculare gegen den Talus.

Die Befunde in Fall I und II decken sich hier so weitgehend, daß die Beschreibung gemeinsam erfolgen kann.

Die Tuberositas ossis navic. ist durch die Adduktion nach medial, oben und hinten gerückt. Die Stelle, wo der obere Rand des Naviculare in den lateralen Rand umbiegt, ist nach medial und unten gewandert. Der plantare Teil des Kahnbeins ist nach medial gerückt. Figur 7 zeigt diese Lageveränderungen auf eine frontale Ebene projiziert.

Vergleich mit dem Dönitzschen Achsenfuß.

Dönitz hatte die Henkesche Theorie von dem rotations-

freien „Gleiten des Naviculare auf dem Taluskopf" verworfen und statt dessen Rotation um eine feste Achse angenommen.*

Die Gipsformfüße zeigen uns, daß zwar das Naviculare sich um eine Achse von der Richtung der Dönitzschen dreht, zugleich aber als Ganzes beträchtlich nach medial wandert. Obgleich nun am Achsenfuß das Kahnbein als Ganzes nicht nach medial rücken kann, gerät die Tuberositas navic. (Punkt n der Fig. 11) am Achsenfuß bei äußerster Adduktion viel näher an die Facies malleol. med. tali (Punkt t der Fig. 11) heran, als bei den Gipsformfüßen. Und das liegt nicht nur an der Verschiedenheit des Bewegungsmodus, sondern schon an der Verschiedenheit der Ausgangslage, die meiner Ansicht nach am Dönitzschen Präparat den Achsen zuliebe kleine Verzerrungen erlitten hat. Hatte sich doch auch die Ausgangslage des Calcaneus relativ zum Talus am Achsenfuß als ungenau erwiesen.

Diese Frage wird durch die Zusammensetzung d r e i e r Knochen nach Form noch weiter beleuchtet.

C. Gemeinsame Betrachtung von Talus Calcaneus und Naviculare.

Bringt man am Achsenfuß den Processus malleolaris lat. tali (Punkt a der Fig. 4 und 5) 12 mm über den Einschnitt des lateralen oberen Calcaneusrandes (Punkt b der Figur 4 und 5) zu stehen, wie es den beiden (ruhenden) Vergleichsfüßen meiner Untersuchungen entspricht, und wie es an den erwähnten, von H. Virchow aufgestellten Füßen

* Eine der Stützen der Achsentheorie waren die Gangspuren auf dem Taluskopf, die Kreisbogenstücke sein sollten. Doch zeigt die Dönitzsche Abbildung der Ganglinien eigentlich eher Ellipsen als Kreise, ein Umstand, der gegen das Bestehen einer festen Achse spricht.

der Fall ist: dann ist die Tuberositas ossis navic. (Punkt n der Fig. 11) von der Facies mall. med. tali (Punkt t der Fig. 11) am Achsenfuß nur 10 mm entfernt, an meinen Präparaten und den Virchowschen dagegen 17 — 19 mm.

Da nämlich am Achsenfuß nur gleichzeitige Bewegung um alle drei Achsen möglich ist,* so hat die kleine Ungenauigkeit der Talus-Calcaneus-Achse sich mit der kleinen Ungenauigkeit der Talus-Naviculare-Achse zu einer ziemlich großen Ungenauigkeit summiert. Diese zeigt sich, wenn man Talus, Calcaneus und Naviculare von der Plantarseite betrachtet: am Achsenfuß findet durch die Adduktionsbewegung eine bedeutend größere plantare Zusammendrängung von Taluskopf, Tuberositas navicul. und distalem Calcaneusabschnitt statt, als es durch die wirkliche Bewegung erfolgt, die wir an den Gipsformfüßen ablesen können.

D. Lageänderung des Cuboids gegen den Calcaneus.

Im Fall I und II ist der laterale (dorsale) Rand des Cuboids nach medial unten gerückt, dabei etwas an Steilheit verlierend, in der Hauptsache aber parallel sich selbst (Fig. 8 und 10). Die untere Ecke der Facies calc. ossis cuboidei ist in Fall I und II nach medial unten gewandert, der Cuboidzapfen im Fall I nach unten medial, im Fall II nach hinten.

Vergleich mit dem Dönitzschen Achsenfuß.

Die Untersuchung von Calcaneus-Cuboid an den Gipsformfüßen spricht eher gegen das Bestehen einer Achse und für eine Gleitbewegung; diese würde allerdings nicht in der Richtung stattfinden, die Henke angab. Die Cuboidgleit-

* Die zwangsläufig-gleichzeitige Bewegung der sog. großen Fußwurzelknochen ist der größte Vorzug des Achsenfußes; sie soll als solche hier nicht etwa angezweifelt werden!

linie sollte nach Henke der Naviculargleitlinie parallel laufen, letztere dem längsten Durchmesser des „pommeranzenförmigen“ Taluskopfes entsprechen. Daß zwei solche parallele Gleitlinien nicht bestehen können, hat Dönitz einwandsfrei bewiesen.

Wenn man auf der Dönitzschen Abbildung die Gangspuren des Cuboids auf der Gelenkfläche des Calcaneus betrachtet, so sieht man, daß diese Kreisbogen außerordentlich große Radien haben: es fehlt nicht sehr viel — und die Bogen werden zu geraden Linien, somit zu Gangspuren einer Gleitbewegung.

Wahrscheinlich kommt sowohl Gleiten als Drehung um eine feste Achse vor als auch Kombination beider Bewegungsarten, nämlich Drehung um verschiebliche Achsen — „Augenblicksachsen“ nennt sie Fick. Scheint doch gerade die Variabilität der am Calcaneus-Cuboidgelenk beteiligten Flächen groß zu sein. Dönitz betont diese Variabilität bezüglich des Cuboidzapfens; und auch an den Gipsformfüßen zeigen sich Schwankungen. So ist z. B. im Fall I der Cuboidzapfen nach unten medial gerückt, im Fall II dagegen nach hinten.

Zusammenfassend läßt sich über die Mechanik der Fußwurzel wohl folgendes sagen. Der Dönitzsche Achsenfuß behält seinen dauernden Wert durch die hervorragende Anschaulichkeit, mit der er die Bewegungen des Fersen- und Kahnbeins gegen das Fersenbein demonstriert, so zwangsläufig miteinander gekoppelt, wie sie es tatsächlich sind. Besonders für den Chirurgen und Orthopäden bildet der Achsenfuß ein vorzügliches Hilfsmittel von hinreichender Genauigkeit.

Stellt man dagegen einen ins Einzelne gehenden genauen Vergleich an zwischen den um die Achsen stattfindenden Bewegungen und denen, die in Wirklichkeit vorkommen, soweit uns diese durch die Gipsformmethode erschlossen wer-

den — dann ist eine gewisse Einschränkung der Dönitzschen Darstellung nötig. Weder für das Talus-Calcaneus-Gelenk, noch für das Talonavicular- oder Calcaneuscuboidgelenk scheint eine unverschiebliche Achse zu bestehen. In allen diesen Gelenken finden wir außer rotatorischen Bewegungskomponenten auch solche, die als Lageveränderung der Knochen als Ganzes aufzufassen sind; es müssen demnach, wenn überhaupt an Achsen festgehalten werden soll, verschiebliche Achsen angenommen werden.

Solche „Augenblicksachsen" aber sind der Ermittelung unzugänglich.

Die Gelenke der menschlichen Fußwurzel scheinen sich eben nur unter erheblicher Schematisierung auf einigermaßen einfache stereometrische Gebilde — Rotationskörper und dergleichen — zurückführen zu lassen.

Entweder Drehung um feste Achsen oder Gleitbewegung — das wären freilich die Lösungen, die am meisten befriedigt hätten. Statt dessen müssen wir uns mit den unbefriedigenden „verschieblichen Achsen" begnügen.

Was wir am Atlas-Epistropheus-Gelenk, was wir am Talocruralgelenk sahen, das müssen wir auch an den Gelenken in der Fußwurzel erkennen: es finden sich nicht immer die Möglichkeiten, die unserem Verständnis am meisten gerecht wären, in den tatsächlichen Gelenkbewegungen verwirklicht.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Jahre 1913 und 1914 ausgeführt.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Geh. Med.-Rat Prof. Dr. H. Virchow für die Anregung zu diesen Arbeiten und für seine freundlichen Unterweisungen zu danken.

Die Photographien wurden durch Frau Anna Kiliani, geb. Keibel angefertigt.

Lebenslauf

Ich, Edmund Mayer, bin am 20. 12. 1889 zu Berlin als Sohn des Kaufmanns Joseph Mayer geboren und bin jüdischen Glaubens. Ich besuchte das Kgl. Wilhelms-Gymnasium zu Berlin von Ostern 1898 bis zu meiner Reifeprüfung Ostern 1908. Ich studierte in Berlin ein Semester Jura, dann Medizin und zwar bis 1912 in Berlin, wo ich die ärztliche Vorprüfung bestand, das Sommersemester 1912 in Freiburg i. B., dann wieder in Berlin bis zur Staatsprüfung, die ich hier am 25. Mai 1914 beendete. Ich besuchte als Mediziner die Vorlesungen und Uebungen folgender Herren: Schwendener, Kny, Ascherson, F. E. Schulze, Brauer, Plate, Stumpf, Simmel, Rubens, Gehrcke, Fischer, Gabriel, Waldeyer, H. Virchow, Hertwig, Kopsch, Poll, Rubner, Steudel, Orth, Aschoff, Westenhoefer, Oestreich, Bickel, Boruttau, Flügge, Heffter, His, de la Camp, Citron, G. v. Bergmann, Bacmeister, Bier, Kraske, Bockenheimer, Bumm, Krönig, Fromme, Gauß, Heubner, Krückmann, Levinsohn, Bonhoeffer, Passow, Killian, Lesser, Tomasczewski.

Ich war am Radium-Institut der Charité Medizinalpraktikant, erhielt am 3. August 1914 die Approbation, wurde am 17. August als Kriegsfreiwilliger angenommen und war von November 1914 bis zu meiner Verwundung im Juli 1918 im Felde. Am 31. 1. 1919 behelfsmäßig aus dem Heeresdienst entlassen, bin ich zurzeit als Hospitant im Städtischen Rudolf Virchow-Krankenhaus tätig.

Seit dem 22. März 1917 bin ich mit Hildegard, geb. Wertheim, verheiratet.